

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-059845

(43)Date of publication of application : 25.02.2000

(51)Int.Cl.

H04Q 7/34

(21)Application number : 10-257471

(71)Applicant : DENSO CORP

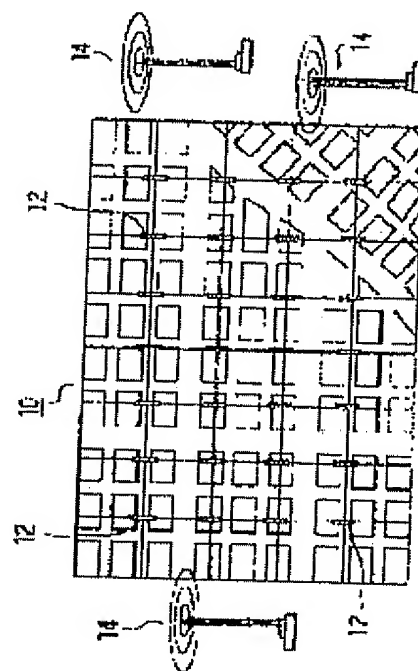
(22)Date of filing : 06.08.1998

(72)Inventor : DONALD R GREEN

(54) DIFFERENTIAL CORRECTION POSITION SELECTION SYSTEM AND METHOD FOR MOBILE COMMUNICATION CIRCUIT NETWORK**(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a position selection system for a mobile communication circuit network to decide the accurate position.

SOLUTION: The position decision system for portable communication sets such as cellular telephone sets has many small exclusive multiple correction devices placed at known positions. When a portable communication set starts a call, a base station 14 in a coverage area gives a command to a transponder 12 to generate a reception reply signal. A characteristic of a signal from the portable telephone set and the transponder 12 is provided to a base station controller linking with the base station 14. The base station controller uses original device position information to derive a rough position and derives a correction vector representing multiple distortion of at a transponder signal in an area of the portable set by using the known position of the transponder and the original transponder position information. Since the portable telephone set generally has an experience of the same distortion as that of the transponder 12 in its area, the correction vector is applied to a rough device position to obtain the true position.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 15.03.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3365319

[Date of registration] 01.11.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-59845
(P2000-59845A)

(43) 公開日 平成12年2月25日 (2000. 2. 25)

(51) Int.Cl.⁷
H 0 4 Q 7/34

識別記号

F I
H 0 4 B 7/26

テーマコード(参考)

1 0 6 A 5 K 0 6 7
1 0 6 B

審査請求 未請求 請求項の数23 F D 外国語出願 (全 53 頁)

(21) 出願番号 特願平10-257471

(22) 出願日 平成10年8月6日 (1998. 8. 6)

(71) 出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 ドナルド アール グリーン

アメリカ合衆国92009 カリフォルニア州

カールスバッド 2131バロマエアポート

ロード デンソー インターナショナルア

メリカ インコーポレーション内

(74) 代理人 100100022

弁理士 伊藤 洋二 (外1名)

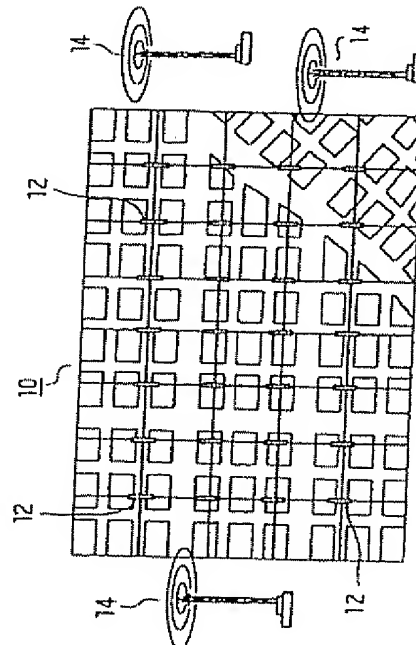
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 移動通信回路網のための差動修正位置選定システム及び方法

(57) 【要約】

【課題】 本発明は高度に正確な位置決定をなし得る移動通信回路網のための位置選定システムを提供することを目的とする。

【解決手段】 セルラ電話等の携帯通信装置の位置決定システムは知られた位置にて多数の小さな専用の多重校正装置をもつ。携帯通信装置が発呼を開始すると、カバーレージエリアの基地局はその受信応答信号を発生するようトランスポンダに指令する。携帯装置及びトランスポンダからの信号の特性は基地局にリンクした基地局コントローラに提供される。基地局コントローラは原装置位置情報を用いて粗い位置を導き、原トランスポンダ位置情報及びトランスポンダの知られた位置を用いて携帯装置の領域のトランスポンダ信号の多重歪みを表す修正ベクトルを導く。携帯電話はその領域でのトランスポンダと同じ歪みを一般に経験するから、修正ベクトルは真の位置を得るために粗い装置位置に適用され得る。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 通信信号を発する移動通信装置と、
 較正信号をそれぞれ発する複数の送信機と、前記通信信号及び前記較正信号をそれぞれ受信しそしてそこで受信された前記通信信号及び前記較正信号の特性に基づき受信情報をそれぞれ発生する複数の第1の局と、
 前記第1の局から前記受信情報を受信し、前記送信機に対応する前記受信情報を使用することにより前記移動通信装置の修正位置を決定し、そして前記修正位置を通信回路網に提供する第2の局とを備える位置決定システム。

【請求項2】 前記第1の局のうちの少なくとも一つは、さらに、前記送信機のうちの少なくとも一つに覚醒コマンドを送信するようになっており、
 前記送信機のうちの少なくとも一つは、前記覚醒コマンドにตอบสนองして、活性モードに切り換わりその較正信号を発する休眠モードを有するトランスポンダであって、前記休眠モードの電力消費率は前記活性モードの電力消費率よりも低い請求項1に記載の位置決定システム。

【請求項3】 前記第1の局のうちの少なくとも一つは、さらに、前記送信機のうちの少なくとも一つに覚醒コマンドを送信するようになっており、
 前記送信機のうちの少なくとも一つは、前記覚醒信号をチェックするために休眠モードから活性モードに周期的に切り換わり、そして前記覚醒信号が存在するときその較正信号を発するようになっており、トランスポンダであって、前記休眠モードの電力消費率は前記活性モードの電力消費率よりも低い請求項1に記載の位置決定システム。

【請求項4】 前記送信機のうちの少なくとも一つは、その較正信号を、前記移動通信装置の標準通信電力レベルよりも高い電力レベルにて発するようになっており、請求項1に記載の位置決定システム。

【請求項5】 前記第1の局のうちの少なくとも一つは、さらに、前記送信機のうちの少なくとも一つにコマンドを発してその較正信号を前記より高い電力レベルにて送信するようになっており、
 前記送信機のうちの少なくとも一つは、前記較正信号を前記コマンドにて指定されるレベルにて発するトランスポンダであることを特徴とする請求項4に記載の位置決定システム。

【請求項6】 前記移動通信装置は、その標準通信電力レベルよりも高い電力レベルにて前記通信信号を発するようになっており、請求項1に記載の位置決定システム。

【請求項7】 前記第1の局のうちの少なくとも一つは、さらに、前記移動通信装置にコマンドを発して前記より高い電力レベルにて前記通信信号を送信するようになっており、
 前記移動通信装置は前記コマンドにตอบสนองして前記通信信

号を発するようになっており、請求項6に記載の位置決定システム。

【請求項8】 前記第1の局のうちの少なくとも一つは、前記送信機の部分集合を選択しそして前記部分集合における各送信機にコマンドを送信するようになっており、

前記部分集合における前記送信機の各々は前記コマンドにตอบสนองしてその較正信号を発するトランスポンダである請求項1に記載の位置決定システム。

10 【請求項9】 前記第2の局は、前記複数の第1の局から前記受信情報を受信し、前記較正信号に対応する前記受信情報に基づいて位置修正情報を発生し、そして、前記移動通信装置に対応する受信情報及び前記位置修正情報を使用して前記移動通信装置の前記修正位置を決定するようになっており、請求項1に記載の位置決定システム。

【請求項10】 前記第2の局は、前記送信機の位置に対応する基準情報に対する前記較正信号に対応する前記比較受信情報により前記位置修正情報を発生するようになっており、請求項9に記載の位置決定システム。

20 【請求項11】 前記基準情報は前記送信機の実際の位置を含む請求項10に記載の位置決定システム。

【請求項12】 通信信号を発する移動通信装置と、
 前記通信信号をそれぞれ受信しそしてそこで受信された前記通信信号の特性に基づき受信情報を発生する複数の第1の局と、
 前記第1の局から前記受信情報を受信し、予め知られた位置から前記第1の局に送信される信号の特性に対応する修正情報を使用して前記移動通信装置の修正位置を決定し、そして前記修正位置を通信回路網に提供する第2の局とを備える位置決定システム。

【請求項13】 前記移動通信装置は、その標準の通信電力レベルよりも高い電力レベルにて前記通信信号を発するようになっており、請求項12に記載の位置決定システム。

【請求項14】 前記第1の局のうちの少なくとも一つは、さらに、コマンドを前記移動通信装置に発して前記より高い電力レベルにて前記通信信号を送信するようになっており、

40 前記移動通信装置は前記コマンドにตอบสนองして前記通信信号を発するようになっており、請求項13に記載の位置決定システム。

【請求項15】 前記第1の局のうちの少なくとも一つは、前記予め知られた位置の部分集合に対応する修正情報を選定しそして前記部分集合に対応する前記情報を使用して前記修正位置を決定するようになっており、請求項12に記載の位置決定システム。

【請求項16】 移動通信装置から通信信号を発するステップと、

50 複数の送信機の各々から較正信号を発するステップと、

複数の第 1 の局の各々にて前記通信信号及び前記校正信号を受信しそしてそこで受信されるような前記通信信号及び前記校正信号の特性に基づき受信情報を発生するステップと、

前記送信機に対応する受信情報を使用して前記移動通信装置の修正位置を決定するステップと、

前記修正位置を通信回路網に提供するステップとを備える移動通信装置の位置を決定する方法。

【請求項 17】 前記第 1 の局のうちの少なくとも一つから前記送信機のうちの少なくとも一つに覚醒コマンドを送信するステップと、

前記覚醒コマンドにตอบสนองして、前記送信機のうちの少なくとも一つの作動モードを休眠モードから活性モードに切り換えて前記校正信号を発生するステップとをさらに備えて、前記休眠モードの電力消費率は前記活性モードの電力消費率よりもより低い請求項 16 に記載の移動通信装置の位置を決定する方法。

【請求項 18】 前記第 1 の局のうちの少なくとも一つから前記送信機のうちの少なくとも一つに覚醒コマンドを送信するステップと、

前記送信機のうちの少なくとも一つを休眠モードから活性モードに周期的に切り換えて前記覚醒信号をチェックするステップと、

前記覚醒信号が存在するとき前記送信機のうちの前記少なくとも一つから校正信号を発生するステップとをさらに備えて、

前記休眠モードの電力消費率は前記活性モードの電力消費率よりもより低い請求項 16 に記載の移動通信装置の位置を決定する方法。

【請求項 19】 前記校正信号を発生するステップは、前記移動通信装置の標準の通信電力レベルよりもより高い電力レベルにて、前記送信機のうちの少なくとも一つから校正信号を発生するステップを備える請求項 16 に記載の移動通信装置の位置を決定する方法。

【請求項 20】 前記通信信号を発生するステップは、前記移動通信装置の標準の通信電力レベルよりもより高い電力レベルにて前記通信信号を発生するステップを備える請求項 16 に記載の移動通信装置の位置を決定する方法。

【請求項 21】 前記修正位置を決定するステップは、前記校正信号に対応する前記受信情報を前記送信機の実際の位置と比較することにより位置修正情報を発生するステップと、

前記移動通信装置及び前記位置修正情報に対応する受信情報を使用して前記移動通信装置の修正位置を決定するステップとを備える請求項 16 に記載の移動通信装置の位置を決定する方法。

【請求項 22】 移動通信装置から通信信号を発生するステップと、

複数の第 1 の局の各々にて前記通信信号を受信しそして

そこで受信されるような前記通信信号の特性に基づいて受信情報を発生するステップと、

予め知られた位置から前記第 1 の局に送信される信号の特性に対応する修正情報を使用して前記移動通信装置の修正位置を決定するステップと、

前記修正位置を通信回路網に提供するステップとを備える移動通信装置の位置を決定する方法。

【請求項 23】 前記通信信号を発生するステップは、その標準の通信電力レベルよりもより高い電力レベルにて前記通信信号を発生するステップを備える請求項 22 に記載の移動通信装置の位置を決定する方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 発明の背景

（1）発明の分野

本発明は、通信回路網におけるユニットの位置を選定するためのシステム及びそのような位置選定を実行するための方法に向けられている。より詳しくは、本発明は、セルラ電話或いはパーソナル通信システム（PCS）回路網のような移動通信回路網における位置選定を実行するためのシステム及び方法に向けられている。

【0002】

【従来の技術】（2）関連する技術の記述

セルラ電話等のような移動通信装置のこれまでに増大しつつある人気は、それと共に、これらの装置の増大される信頼性及び機能性に対する要求をもたらす。使用者がワイヤレス電話回路網をますますあてにするようになりそしてこれらの電話が日常生活においていたるところにあるようになるにつれて、その回路網はこれまでに広がった範囲の需要のために便宜を図り得るものでなければならぬ。

【0003】 米国の連邦通信委員会（FCC）により FCC ドケット番号 94-102 として 1996 年 6 月に公表された一つのそのような需要は、未来のワイヤレスサービスがその移動ユニットのためのサイト選定機構を提供することを要求する。この機構は、主として、大部分のワイヤレス電話の使用者によく知られている緊急 911（E-911）サービスに対し補足的な緊急呼び出しサービス能力を提供することにおける使用のためである。

【請求項 21】 前記修正位置を決定するステップは、前記校正信号に対応する前記受信情報を前記送信機の実際の位置と比較することにより位置修正情報を発生するステップと、

【0004】 ワイヤライン回路網の場合に、そのような位置確認は、その発呼者の電話番号を番号リスト及び対応アドレスと相互に関連させるという相対的に簡単な問

題である。しかしながら、ワイヤレスE-911サービスの場合には、携帯電話を非常に有用にする移動性ですら、位置選定のための簡単な検査技術を除外する。かくして、“動的な”位置選定の方法が移動回路網において使用されねばならない。

【0005】多数の位置選定システムが、米国の国防総省(DOD)により実行されるグローバルポジショニングシステム(GPS)に基づいている。GPSは、5つと8つの人工衛星の間において、与えられた時間における地球上のどこかの点との無線接触が見通し線内に理論的であるように、精度よく時を指定されそして制御された軌道において地球を回る一群の24の活動的な人口衛星である。各人工衛星は、適当に装備されたGPS受信機或いは“ローバ”により与えられ得る独特の符号化された信号を放送する。そのローバのタイミングは人工衛星のそれと同期されそして何等かの与えられた時間にて人工衛星の各々の位置を精度よく計算させる短命なデータに装備されている。それは、3つ或いはそれ以上の人工衛星から信号を受信しそしてそのそれぞれの信号の移動時間に基づき各々からのその距離を計算する。その距離の各々はそのそれぞれの人工衛星に集中した球を規定し、そして全ての球の交差点がローバの実際の位置である。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、GPSの位置選定は完全ではない。エラーの色々な源はローバの検出位置をその実際の位置から相当に異ならしめ、そしてそれらの結合効果は、そのシステムがFCCによりセットされる最小の125メートル正確さ要求に出くわすことを防止できる。民間の実用性において、最大のエラー源は、断然、“選択的な有効性”にあるといわれ、そして敵対するパーティの高正確さの位置決め能力を否定するためにGPSの人口衛星信号の民間の部分の完全さをゆっくりと減少させるDODの結果である。他のエラーは、電離層及び対流圏の状態のような、そして人工衛星クロック及び軌道エラーのような自然の状態、受信機ノイズ及び多重伝播効果、人工供給源からのシステムによる。

【0007】多重伝播は、無線波が無線波を反射する対象と共に場所を占める空間を通して、供給源(例えば、GPS人工衛星)から目的地(例えば、ローバ)へ移動するとき生ずる。図12にて示されるように、見通し線路が人工衛星とローバとの間に存在するならば、直接の受信は真の信号TSを介して生ずる。しかしながら、その信号は、その領域における対象から反射されてより長い距離を移動する反射波を生じ、そして従って最初の信号との関連で遅延されそしてローバとは分離した信号として現れる。多重反射信号は、二つの供給源：信号SRのような、山、ビルディング等のような静的な対象からの反射から生ずる静的な要素、及び、信号DRのよう

な、車両のような移動する対象からの反射から生ずる動的要素からの要素を含む。

【0008】図13乃至図15は、位置選定処理に関する多重伝播の効果を示す。図13は理想化された典型的なトポグラフィ、例えば、幾つかのブロックの都市領域を示す。図14は、多重伝播により歪められたGPS位置情報に基づいてその領域のローバに現れる領域と同様の領域を示す。図15は、その領域におけるローバの位置がそのような信頼できない情報に基づいてどのように誤って検出されるかを示す。

【0009】多重伝播の心身に有害な効果がGPS位置選定に関連して示されたが、そのような問題は勿論ローバとの多くのタイプの通信、例えば、基地局等からの通信において出くわされる。多重伝播を除いては、これらのエラーの全てが等しい程度にて同様の一般的領域において受信機により経験され、そして、“差動GPS(DGPS)”と呼ばれる技術は、この事実を利用して位置選定の正確さを増加させる。DGPSは、実際の位置が移動受信機の付近にて正確に知られている参照受信機を使用する。その参照受信機はGPS人口衛星からの信号に基づいてその予測位置を計算し、そしてそれをその実際の精度よく知られた位置と比較して差動修正を導出する。この情報は、分離した情報チャネル、例えば無線を通してローバに入り、そしてこのローバによりその位置を修正するために使用される。多重伝播効果はこの方法においては修正され得ない。当該多重伝播効果は位置における小さな変化と共に相当に変化し、そして特定のセットの修正は時間における与えられた瞬間に与えられた位置にて与えられたローバのためにのみ一般的に有効であるからである。

【0010】ローバを移動電話ユニットに組み込むこと及びE-911セッション中にGPS位置情報を提供することは可能である。しかしながら、この方法はいくつかの欠点を有する。例えば、GPS受信機は相対的に高価であり、そしてセルラ電話等におけるそのようなユニットを含むことが実質的にそのコスト(特にDGPS能力に伴うコスト)を増大させる。さらに、GPS受信機は、かなりの量の電力を消費する複雑な電子的装置である。携帯電話における一つの包含は電話のバッテリー寿命を短縮するか或いはより大容量(そして結果的により大きい寸法)のバッテリーの使用を要求する。かくして、電話の寸法がそのバッテリー及び付加的なGPS回路構成を収容するように増加されねばならない。

【0011】さらに、GPS人工衛星は、ビルディング及び他の密集建造物を十分には貫通しないそして特殊化された指向性アンテナの使用を要求する相対的に弱い、高い周波数(1.2乃至1.6GHzの範囲における搬送波)信号を提供する。付加的には、DGPS動作は普遍的には役に立たない参照受信機の使用を要求する。さらに、GPS受信機による第1の位置決定は、それがタ

ーンオン（一周期の間動作されたユニットによりなされる”ホットリーディング”とは対照的に”コールドリーディング”といわれる）された後、E-911環境において明らかに容認できない15分までかかり得る。終局的には、各受話器におけるGPS受信機に対する必要性は、そのような機能性を欠く既存の受話器がワイヤレスE-911位置決定には使用され得ないということの意味する。

【0012】これらの問題のいくつかは、“セルラジオロケーション”といわれる技術により解決され、この技術においては、セルラ基地局は、移動ユニットからの送信（典型的には、リバース音声チャネル或いはリバース制御チャネル送信）をモニターし、そして到来角（AOA）或いは到来時間差（TDOA）の技術を送信に應用してユニットの位置を決定する。ラッパポート等によるIEEE通信雑誌pp. 33乃至41（1996年10月）による”未来のハイウェイにおけるワイヤレス通信を使用する位置選定”において述べられているように、AOA技術は、高度に指向性のあるアンテナを使用して、各基地局が移動ユニット送信を受信する精度のある角度を決定し、そして移動ユニットの位置は、基地局の知られた位置でもって三角測量により決定される。GPSのように、補足的なTDOA技術は、各基地局にて移動送信の受信における相対的な遅延を測定し、そのそれぞれの遅延に基づき各基地局への送信により移動する距離を決定し、そして、切除により移動ユニットの位置を決定する。

【0013】しかしながら、これらの方法は、なお、多重伝播及び他の効果から生ずる位置決定エラーに影響され易い。そのようなエラー源を考慮する必要性は、E-911の応用において監視され得ず、そして使用者が近い領域にありそして集中した多重環境が存在する密集した都市領域において特に重要である。発明の概要従来技術の上記問題を考慮して、本発明の目的は、高度に正確な位置決定を可能にする移動通信回路網のための位置選定システムを提供することである。

【0014】本発明のもう一つの目的は、多重伝播効果によって大きくは影響されない移動通信回路網のための位置選定システムを提供することである。本発明のさらなるもう一つの目的は、人工衛星及び大気に関連するエラー等とは独立して正確な位置決定を提供する移動通信回路網のための位置選定システムを提供することである。

【0015】本発明のさらなるもう一つの目的は、正確な位置決定を提供しそして特別の機能性を有する受話器の使用を要求しない移動通信回路網のための位置選定システムを提供することである。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記目的は、知られた位置にて基地局のカバーレージ領域における多数の小さ

な、専ら特定の目的のための多重較正トランスポンダを提供することにより達成される。ローバがE-911セッションを始めるときに、基地局は応答信号を発生するようにトランスポンダに指令する。これらの応答信号は基地局により受信され、そしてローバ及びトランスポンダからの信号の特性がその基地局にリンクされた基地局コントローラに提供される。その基地局コントローラは、原ローバ位置情報を使用して粗い位置を導出し、そして、原トランスポンダ位置情報及びそれらの知られた位置を使用してそのローバの領域におけるトランスポンダ信号の多重歪みを表す修正ベクトルを導出する。ローバは一般的にその領域におけるトランスポンダと同様の歪みを経験するであろうから、その修正ベクトルは、その粗いローバ位置にその真の位置を得るように適用され得る。

【0017】代わりになるべきものとして、トランスポンダのアレイを配備するよりはむしろ、多数のサイトにおける多重歪み効果が、単一の送信機を使用することにより前もって記録されそしてその基地局コントローラにより記憶されてもよい。それから、応答信号を発するようにトランスポンダに指令する基地局の代わりに、その基地局コントローラは、その記録サイトデータに基づきローバの位置に対する修正ベクトルを導出し、そしてそのベクトルを、粗いローバ位置を修正するために使用し得る。

【0018】本発明の他の目的及び特徴は以下の記述に従い明らかになるであろう。本発明の付加的な目的及び利益は、添付の図面に従う各実施形態の以下の詳細な記述からより一層容易に明らかとなるであろう。

【0019】

【発明の実施の形態】現により好ましい例の実施形態の詳細な記述移動通信システムのカバーレージエリア10は、図1にて示されるようにそこに予め精度よく知られた位置にて配置された一群の多重較正トランスポンダ12を有する。そのトランスポンダ12に加えて、そのシステムはまた、精度よく知られた位置にて配置されそして相対的に長い距離だけお互いに離れているトランスポンダ12の通信範囲内にあるいくつかの基地局14、及び基地局14間のトランザクションを制御する基地局コントローラ18（図4にて示される）を含む。

【0020】例えば、ローバ16がE-911発呼をするとき、基地局14は各々図2における実線の矢印により示されるようにローバ16からの信号を受信する。普通は、基地局14により受信されるローバ16からの信号に基づきAOA、TOA或いはTDOAを使用する位置決定は、上述のような多重効果により崩壊されるかも知れない。しかしながら、基地局14もまた、トランスポンダ12から信号を受信し、そしてこれらの信号は、以下により詳細に述べるように、そのような多重効果に逆らうように位置修正のために使用される。

【0021】その技術において知られているように、ローバ16は、出呼しそして入呼を受信する与えられた基地局14と関連する。そして、ローバ16が移動するにつれて、その関連する基地局14は“ハンディングオフ”といわれる処理を介して変わる。ローバ16の使用

者がE-911発呼をすると、そのローバ16は、E-911要求を、図3のステップ100にて示されるように目下関連する基地局14に送信する。その基地局14はその要求を受信しそしてローバ16の位置を選定するためにその処理を始める。本質的には、使用されるトランスポンダ12を選定してステップ102にてローバ16の位置を決定しそしてステップ104においてこれらのトランスポンダ12に“覚醒発呼”を送信する。

【0022】好ましくは、選択されるトランスポンダは、ローバ16に概略的に近接しているトランスポンダである。その概略的近接の決定は、例えば、トランスポンダ12からの信号の利益なしに上述したAOA、TOA或いはTDOAの一つ或いはそれ以上を使用して粗い位置決定を実行すること、異なった相対的に低い分解能の選定技術を使用すること、或いは概略的近接を基地局14の周りの予め定められた領域として簡単に規定することによってなされる予備的位置決定を要求する。代わりになるべきものとして、基地局14は、その通信領域内の全トランスポンダに覚醒発呼を送信してもよい。さらに、基地局14は、全ての目標にされるトランスポンダ12自身には覚醒発呼を送信する必要はなく、そして、その代わりに、いくつかの覚醒発呼を発するように、要求をそれに近い他の基地局14に送信してもよい。

【0023】各トランスポンダ12は、基地局14からの覚醒信号を受信する受信機22に接続されたアンテナ接続回路網20、以下に述べるように応答信号を基地局14に送信する送信機24、及び受信機22及び送信機24の動作を制御しそして図5に示されているように電源28からそこへの電力の適用を制御するコントローラ26を含む。好ましくは、その電源は、ACユーティリティメインにより或いは自足自給できる運転のための太陽電池、風力等により細流充電される再充電可能なバッテリー、例えば、ニッケル-水素メチル(Ni-MeH)或いはリチウム-イオン(Li-ion)ユニットにより駆動される。

【0024】通常は、トランスポンダ12は、覚醒発呼を認識しそしてトランスポンダ12の残りを活性化するために必要なこれらの回路のみが能動的である省エネルギー休眠モードにある。その休眠モードは、受信機22及びコントローラ26のみが能動的である(アンテナ接続回路網20は一般的には受動回路網である)。それで、その受信機22は覚醒信号を受信できそしてそのコントローラ26は覚醒信号の受信にตอบสนองして送信機24のエネルギー消費量を上げるように電源28に指令し、そして応答信号を送信するために送信機24を駆動し得る。或

いは、その休眠モードは受信機22が通常オフされそしてコントローラ26のみ(或いは、代わりとして電力上昇タイマ30のみ)が活動状態にあるスロッチッド休眠モードであってもよい。この場合、そのコントローラ26は、覚醒信号をチェックするために受信機22及び送信機24を周期的に電力上昇するように電源28に指令し、或いは電力上昇タイマ30が同様に他のトランスポンダ構成素子を制御する。

【0025】いずれにせよ、トランスポンダ12が覚醒発呼を受信するとき、当該トランスポンダ12は図3のステップ106において十分な電力に達し、ステップ108における領域内の全ての基地局14に応答信号を送信し、そして、ステップ110にてその休眠モードに戻る。トランスポンダ応答信号をお互いに識別しそしてそれらの各ユニットとの相互関係を示すために、各トランスポンダ12は独特の識別コードをその応答信号の中に組み込む。

【0026】その応答信号は、予め定められた周波数及び電力レベルにあってもよいし、或いは覚醒信号にて符号化された周波数及び電力レベルにあってもよい。その電力レベルは正常な通信におけるローバ16のような移動ユニットによる使用される電力レベルであってもよい。代わりになるべきものとして、信頼性のある位置決定がなされ得るようにトランスポンダ信号がいくつかの基地局14により受信されることを確保するために、その電力は、一般的に許容された範囲よりもより高いレベル、即ち、そのような緊急通信のためにのみ使用されるレベルにあってもよい。

【0027】これらのラインに沿い、ローバ16と関連する基地局14もまた、図6のステップ116にて示されるように、正常な電力レベルよりもより高いレベルにて伝送することを指示するローバ16にコマンドを送信する。その結果として続くステップ118におけるローバ16からの高電力伝送は、その信号もまたいくつかの基地局14により受信されることを確実にする。これは、単一の基地局通信路を特定のローバに提供するように設計されそして従って多数の基地局との接続を保証し得ない低電力のCDMAセルラ及びPCS通信システムにおける特別の関係である。

【0028】ステップ116における基地局14からローバ16への高電力伝送コマンド及びステップ118におけるローバの応答の受信は、ステップ110におけるローバのE-911要求の受信とステップ112におけるローバの原位置の計算(より詳細に後述される)との間におけるなんらかの点にて実行されてもよい。さらに、他の通信セッションの混乱を最小にするために、基地局14が基地局コントローラ18によりローバのE-911要求を受信する他の基地局14の数が正確な位置決定をするには余りに少なすぎたということを知らせられるときにのみ、当該基地局14はローバ16からの高電

力応答を要求するかもしれない。この機能は、各基地局14が、当該基地局或いはなんらかの他の基地局14に向けられるE-911発呼要求に回答して図7のステップ120にて示されるように基地局コントローラ18にE-911発呼報告を送信するならば、実行されるかもしれない。従って、もしもその基地局コントローラ18がローバの正常な電力レベル伝送の範囲内における基地局14の数が余りにも少ないということを決定するならば、当該基地局コントローラは、基地局14がステップ124にて高電力応答をするようにローバに指令するためにステップ122にてローバ16と関連する基地局14に通知し得る。

【0029】上記技術の代案として、ローバ16は、高電力レベルにてE-911要求を常に送信するように設計されてもよい。これによりシステム動作が簡単化される。しかしながら、それは、その領域における他のローバ16の通信を混乱させることを犠牲にしてそうする。いずれにせよ、ローバの末端に関する高電力伝送は、勿論、修正されたローバの使用を要求する。

【0030】同様に、基地局14は、図3のステップ104においてトランスポンダ12からの正常な電力レベル応答を初期的に要求し、そしてこれらのトランスポンダ12がステップ128に受信され得る応答を提供するように、応答が図8のステップ126にて最初に受信されてなかったトランスポンダ12に対してのみ第2の高電力応答要求を発する。もしも基地局14がなおやはり特定のトランスポンダ12からの応答を受信しないならば、当該基地局14は、トランスポンダ12はうまく作動していないということを表す基地局コントローラ18へのメッセージを送信してもよい（そのトランスポンダ12の動作はまた基地局14による周期的な状態ポーリングによりチェックされ得る）。代わりとして、高電力伝送は緊急オペレータ或いは他の当局により是認されてもよい。いずれにせよ、そのトランスポンダ12は、予め定めた周期の間或いはそれらのトランスポンダが基地局14から休眠コマンドを受信するまで、覚醒したままにされてもよい。その結果、それらはステップ126にて高電力伝送コマンドを受信しそしてステップ128において適当な応答をなし得る。

【0031】各基地局14は、図3のステップ100におけるローバ16からの原E-911要求或いは図6のステップ118におけるその後の高電力応答のみならず、図3のステップ108或いは図8のステップ128における通信範囲内にてトランスポンダ12からの応答信号を受信し、そして、これらの信号の受信状態が図3のステップ112でのトランスポンダ12及びローバ16の各々のための粗い位置情報を引き出すために使用される。例えば、基地局14の各々は、（AOAシステムのための）各応答信号の受信角度、（TOAシステムのための）各応答信号の受信の絶対時間、或いは（TDO

Aシステムのための）各応答信号の受信の相対的時間を、その技術にて知られている技術を使用して決定し、そしてステップ114においてその情報を基地局コントローラ18に提供するようにしてもよい。

【0032】基地局14の各々はGPSシステムを介し精度よく同期されたタイミング情報を得ることができるから、TDOA技術は好ましい実施形態にて使用されそして付加された正確さのためにAOAに追加される。しかしながら、他の技術或いは技術の結合がその代わりに使用されてもよい。その上、ローバ16が現に位置しているセクターのようなセルラシステム情報、ハンドオフ情報等が、位置決定処理にて使用され得る。さらに、使用者の場周経路が強調される領域においては、地理的なデータベースがその処理における使用のための推断されたAOA情報を提供するために使用され得る。

【0033】終局的には、使用されるどんなジオロケーション技術でもローバ16におけるGPS受信機と共に増加され得る。その受信機は正常な方法にて位置のGPS情報を導出しそしてそれをその基地局14に中継し得る。しかしながら、ローバの寸法を最小化しそしてその電力消費及びコストを低下するために、その受信機は、それが受信するGPSデータを簡単に速写し、そしてそれを基地局14或いは処理用のもう一つの集中化された設備に中継するようにしてもよい。勿論、この方法は、修正されたローバ16の使用を要求するという欠陥を有する。

【0034】基地局コントローラ18は、ローバ16に対応する信号情報を使用してローバ16のための粗い位置を計算する。そして、当該基地局コントローラ18は、応答トランスポンダ12の各々に対応する信号情報を使用してそのトランスポンダのための粗い位置を計算する。これらの粗い位置は、多重歪みベクトルを得るために、トランスポンダ12の知られた実際の位置と比較される。ローバ16のために計算された粗い位置は、従って、多重歪みベクトルに応じて修正され、ローバ16の実際の位置を多重効果から離れて決定する。そして、この実際の位置は、E-911セッション中の適当な当局への送信のためにワイヤライン回路網に渡される。

【0035】換言すれば、基地局コントローラ18は、図9のステップ130にて示されるようにいくつかの基地局14から原位置データを受信したと仮定する。それから、それはステップ132及びステップ134において粗いローバ位置 $P_{xc} = (x_{xc}, y_{xc})$ を計算し、そして、基地局14からのデータに基づき n の粗いトランスポンダ位置 $P_{11c} = (x_{11c}, y_{11c})$ 、 $P_{12c} = (x_{12c}, y_{12c})$ 、 \dots 、 $P_{1nc} = (x_{1nc}, y_{1nc})$ を計算する。従って、トランスポンダの実際の知られた位置が $r_{11} = (x_{r11}, y_{r11})$ 、 $P_{r11} = (x_{r11}, y_{r11})$ 、 \dots 、 $P_{r1n} = (x_{r1n}, y_{r1n})$ により表されれば、多重歪みによる各トランスポンダ i の転置

を表すベクトル $\bar{\delta}_n$ は次の数1の方程式に応じてステップ136において決定される。

【0036】

【数1】

$$\bar{\delta}_{Ti} = (x_{TiA} - x_{TiC}) \bar{i} + (y_{TiA} - y_{TiC}) \bar{j}$$

【0037】ローバ16及びトランスポンダ12のための粗い位置決定に回答させる必要があるよりも多くの基地局14があるならば、適当な平均化、重み付け或いは他の修正技術が粗い位置を得るために使用されるか、或いは付加的な基地局データが精度の幾何学的な希積を修正するために使用され、それにより、その処理の正確さを増大させる。

【0038】トランスポンダiの粗いトランスポンダ位置 P_{Ti} が実際のトランスポンダ位置 P_{Ti} から置き換えられる距離を表す各重みベクトル $\bar{\delta}_n$ の絶対値 $|\delta_n|$ は、数2の方程式を使用してステップ138にて計算される。

【0039】

【数2】

$$|\delta_{Ti}| = \sqrt{(x_{TiA} - x_{TiC})^2 + (y_{TiA} - y_{TiC})^2}$$

【0040】予測された位置がローバ16の粗い位置に最も近いトランスポンダ12はローバ16により経験される重みを表すらしいので、ローバ16に対する対応トランスポンダ12の近接に応じた相対的な重み w_{Ti} は、数3の方程式からステップ140にて得られ、そしてそのローバのための多重重みベクトル $\bar{\delta}_n$ はステップ142において重み付けされたトランスポンダ重みベクトルの和として数4の式により計算される。

【0041】

【数3】

$$w_{Ti} = \frac{|\delta_{Ti}|}{\sum_{k=0}^n |\delta_{Tk}|}$$

【0042】

【数4】

$$\bar{\delta}_R = x_{\delta R} \bar{i} + y_{\delta R} \bar{j} = \sum_{i=0}^n w_{Ti} \cdot \bar{\delta}_{Ti}$$

【0043】それから、実際の位置 P_n が数5の方程式からステップ144にて計算される。

【0044】

【数5】

$$P_{Rn} = (x_{Rn}, y_{Rn}) = (x_{Rc} + x_{\delta R}, y_{Rc} + y_{\delta R})$$

【0045】ここで、 $\bar{\delta}_n$ は次の数6の式により与えられる。

【0046】

【数6】

$$\bar{\delta}_R = x_{\delta R} \bar{i} + y_{\delta R} \bar{j}$$

【0047】それから、実際の位置 P_n は、E-911発呼セッションの初めに緊急当局に渡されてもよい。代

わりとして、処理は、E-911発呼が開始されつつありそしてその位置が後に送信される間になされてもよい。上記処理はトランスポンダ12の規則正しく間隔をおいたアレイに関連して議論された。しかしながら、そのトランスポンダ12の相対的位置は、それらの実際の位置が精度よく知られそしてそれらが基地局14と通信できる限りは、重大ではないということが明らかである。かくして、本発明はトランスポンダの不規則な分布、即ち装置の規則的な位置決めが可能でない密集した市街地域において特に有用である事実と等しく適用可能である。

【0048】さらに、多数のトランスポンダを使用することは必要でずらく、そして、トランスポンダはE-911発呼がなされる時期に利用できる必要はない。この可能性は図10にて示される本発明の第2の好ましい実施形態との関連にて説明される。この実施形態は、第1実施形態にて使用される多数のトランスポンダを不要にし、そしてその代わりに、位置の修正情報の予め集めたデータベースをあてにする。なんらかの位置決定を実行するためのシステムの使用に先立ち、先の実施形態にて使用されるトランスポンダ12の送信機24に類似した送信機が、例えば、それを乗り物内に物理的に転送することにより多数の位置にて配置される。各位置において、送信機の位置が正確に決定される。多重重みの効果をうまく回避するために、これは多数の方法においてなされてもよい。例えば、位置決定は増加された正確さのためのより長い周期に行き亘ってもよいし、或いは送信機の位置が、推測航法或いは測量技術を使用して、知られた位置、例えば、基地局の一つから外挿されてもよい。

【0049】一度送信機の位置が知られると、信号が送信機から基地局14に送信され、そして、その受信された信号に対応する原位置データが各基地局14から基地局コントローラ18に送信される。この処理は多数の異なる位置nにて繰り返される。ついで、粗い位置 P_{Ti} が、与えられた位置iのための集合データから導出され、そして上述したように、与えられた位置iに対する送信機重みベクトル $\bar{\delta}_n$ を導出するために対応の知られた実際の位置 P_{Ti} と比較され得る。そして送信機重みベクトル $\bar{\delta}_{Ti}$ 乃至 $\bar{\delta}_{Tn}$ が基地局コントローラ18のメモリ内に記憶される。

【0050】そのシステムがE-911発呼のための位置測位点を提供するために要求されるとき、基地局14は第1実施形態におけるように図10のステップ100においてローバ16からE-911要求を受信する。それから、覚醒のためにトランスポンダを選択する代わりに、それは図10のステップ146において原位置データを発生し、E-911要求を基地局コントローラ18に知らせ、そしてステップ148において基地局コントローラ18にローバ16用原位置情報を提供する。基地

局コントローラ 18 は図 11 のステップ 150 において他の基地局 14 のみならず初期の基地局 14 からの原位置情報を受信し、ステップ 152 にて（粗い位置 $P_{\text{粗}}$ により示されるような）ローバ 16 の概略的な近くにおいて、予め記録された位置のための送信機歪みベクトル $\text{バー } \delta_{\text{粗}}$ を再生し、ステップ 138 においてトランスポンダ歪みベクトル $\text{バー } \delta_{\text{粗}}$ の相対的な絶対値 $w_{\text{粗}}$ を計算し、そしてステップ 140 にて上述したように多重歪みベクトル $\text{バー } \delta_{\text{粗}}$ を得る。ついで、ローバの粗い位置 $P_{\text{粗}}$ が、ワイヤライン回路網に渡される実際のローバ位置 $P_{\text{実}}$ を得るためにステップ 142 にて修正される。

【0051】この実施形態は多重の較正トランスポンダの潜在的に高価なアレイの配備を避けるという利益を有する。しかしながら、それは静的な多重歪みの効果を打ち消し得るだけであり、そして動的な歪み要素を処理できない。本発明は添付図面を参照してそのより好ましい実施形態との関連にて十分に説明されたが、色々な変形や修正が当業者にとって明らかになるということが知られるべきである。そのような変形や修正は付属の請求項により規定されるように本発明の範囲内に含まれるよう理解されるべきである。

【図面の簡単な説明】

【図 1】下記トポグラフィにおける本発明の第 1 のより好ましい実施形態を示す図である。

【図 2】ローバの位置の差動的修正のために基地局へ応答信号を提供する第 1 実施形態によるトランスポンダを示す図である。

【図 3】E-911 発呼中にローバの位置を決定するときの第 1 実施形態におけるローバ、基地局及びトランスポンダの間のトランザクションを示す図である。

【図 4】第 1 実施形態における多重歪み状態のもとローバの位置を決定するために基地局、トランスポンダ及び*

* 基地局コントローラの動作を示す図である。

【図 5】第 1 実施形態による多重較正トランスポンダのブロックダイアグラムである。

【図 6】ローバが選択的に高電力伝送を提供する第 1 実施形態の変形例を示す図である。

【図 7】ローバの初期的な E-911 要求が十分な基地局により受信されずそしてトランスポンダが高電力レベルにて再送信する時の第 1 実施形態の変形例を示す図である。

10 【図 8】トランスポンダの応答が基地局により受信されずそしてトランスポンダが高電力レベルにて再送信するときの第 1 実施形態の変形例を示す図である。

【図 9】多重歪みに対するローバの位置を修正するときの第 1 実施形態における基地局コントローラの処理を示す図である。

【図 10】本発明の第 2 のより好ましい実施形態によるローバの位置を決定するときのトランザクションを示す図である。

20 【図 11】第 2 実施形態における基地局コントローラ修正処理を示す図である。

【図 12】GPS 人工衛星とローバとの間の多重伝播の典型的な道を示す図である。

【図 13】市街地トポグラフィにおける多重効果に起因するローバの位置の歪みを示す図である。

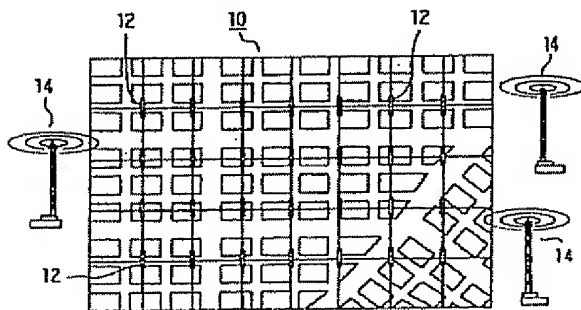
【図 14】市街地トポグラフィにおける多重効果に起因するローバの位置の歪みを示す図である。

【図 15】市街地トポグラフィにおける多重効果に起因するローバの位置の歪みを示す図である。

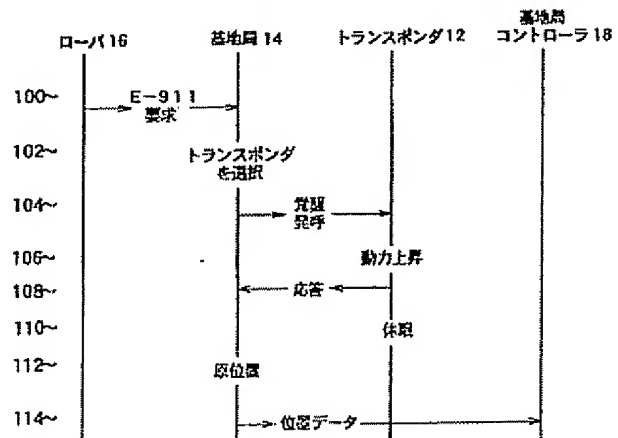
【符号の説明】

30 12…トランスポンダ、14…基地局、16…ローバ、18…基地局コントローラ、22…送信機、24…受信機、26…コントローラ、28…電源。

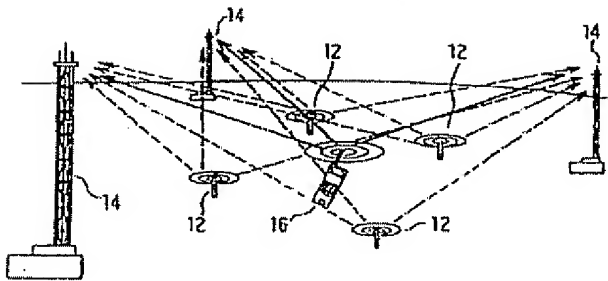
【図 1】



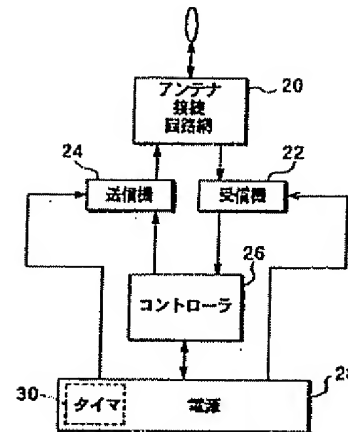
【図 3】



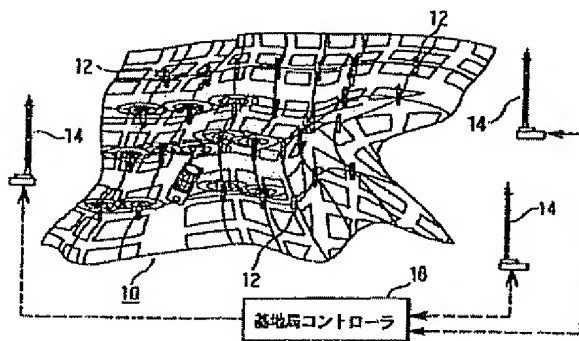
【図2】



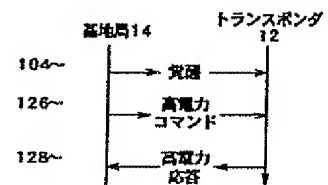
【図5】



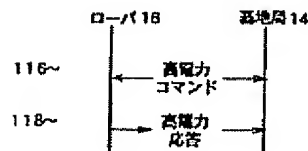
【図4】



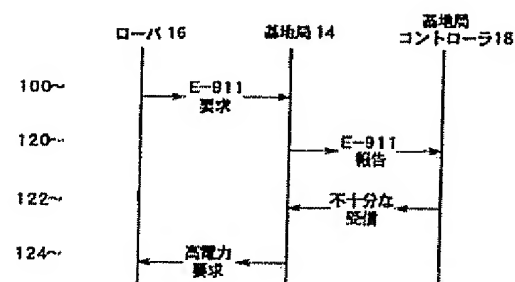
【図8】



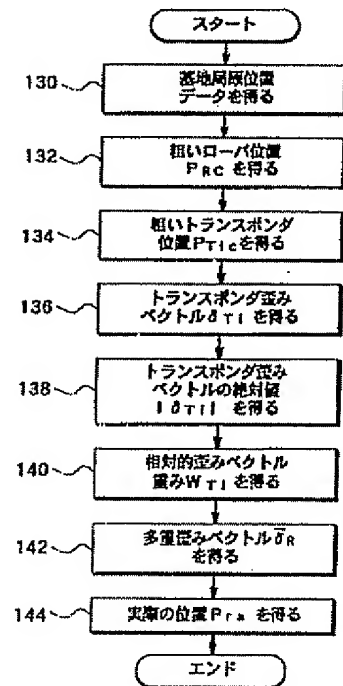
【図6】



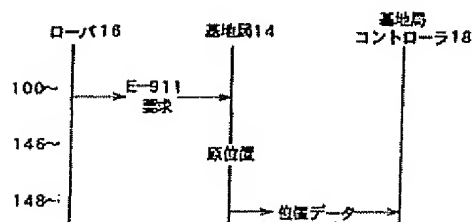
【図7】



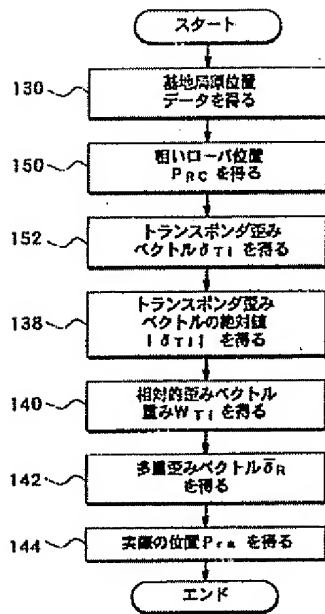
【図9】



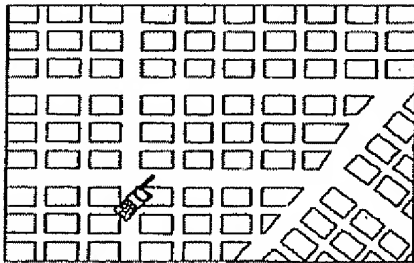
【図10】



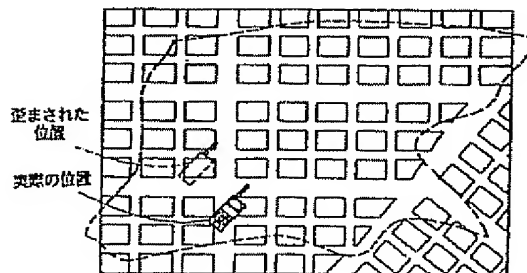
【図11】



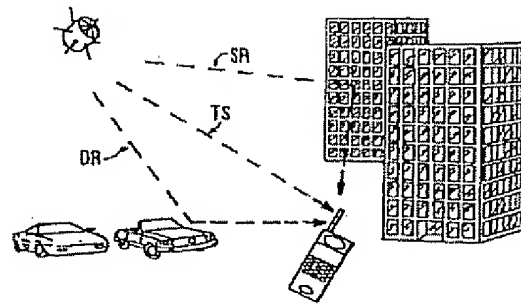
【図13】



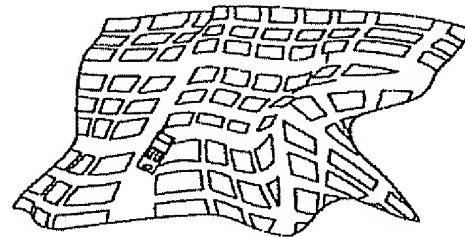
【図15】



【図12】



【図14】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5K067 AA03 AA33 AA43 BB03 BB04
BB36 DD19 DD20 DD23 DD24
EE02 EE07 EE10 EE16 FF03
GG08 GG11 HH07 JJ53 JJ56
JJ57

【外国語明細書】

1. Title of Invention

DIFFERENTIALLY CORRECTED POSITION LOCATION SYSTEM
AND METHOD FOR MOBILE COMMUNICATION NETWORKS

2. Claims

(1) A position determination system comprising:

a mobile communication device for issuing a
communication signal;

a plurality of transmitters, each for issuing a
calibration signal;

a plurality of first stations, each for receiving
said communication signal and said calibration signal and
generating reception information based on characteristics of
said communication signal and said calibration signals as
received thereat; and

a second station for receiving said reception
information from said first stations, determining a corrected
position of said mobile communication device using said
reception information corresponding to said transmitters, and
providing said corrected position to a communication network.

(2) The system of claim 1, wherein:

at least one of said first stations is further for
sending a wake-up command to at least one of said transmitters;
and

at least one of said transmitters is a transponder which has a sleep mode in which, responsive to said wake-up command, it switches to an active mode to issue its calibration signal, a rate of power consumption of said sleep mode being lower than a rate of power consumption of said active mode.

(3) The system of claim 1, wherein:

at least one of said first stations is further for sending a wake-up command to at least one of said transmitters; and

at least one of said transmitters is a transponder which is for periodically switching from a sleep mode to an active mode to check for said wake-up signal and issuing its calibration signal when said wake-up signal is present, a power consumption rate of said sleep mode being lower than a power consumption rate of said active mode.

(4) The system of claim 1, wherein at least one of said transmitters is for issuing its calibration signal at a power level higher than a standard communication power level of said mobile communication device.

(5) The system of claim 4, wherein:

at least one of said first stations is further for issuing a command to said at least one of said transmitters to transmit its calibration signal at said higher power level; and
said at least one of said transmitters is a

transponder for issuing said calibration signal at a level specified in said command.

(6) The system of claim 1, wherein said mobile communication device is for issuing said communication signal at a power level higher than a standard communication power level thereof.

(7) The system of claim 6, wherein:

at least one of said first stations is further for issuing a command to said mobile communication device to transmit said communication signal at said higher power level; and

said mobile communication device is for issuing said communication signal responsive to said command.

(8) The system of claim 1, wherein:

at least one of said first stations is for selecting a subset of said transmitters and sending a command to each transmitter in said subset; and

each of said transmitters in said subset is a transponder which issues its calibration signal responsive to said command.

(9) The system of claim 1, wherein said second station is for:

receiving said reception information from said plurality of first stations;

generating positional correction information based on said reception information corresponding to said calibration signals; and

determining said corrected position of said mobile communication device using reception information corresponding to said mobile communication device and said positional correction information.

(10) The system of claim 9, wherein said second station is for generating said positional correction information by said comparing reception information corresponding to said calibration signals to reference information corresponding to positions of said transmitters.

(11) The system of claim 10, wherein said reference information includes actual positions of said transmitters.

(12) A position determination system comprising:

a mobile communication device for issuing a communication signal;

a plurality of first stations, each for receiving said communication signal and generating reception information based on characteristics of said communication signal as received thereat; and

a second station for receiving said reception

information from said first stations, determining a corrected position of said mobile communication device using correction information corresponding to characteristics of signals transmitted from predetermined known locations to said first stations, and providing said corrected position to a communication network.

(13) The system of claim 12, wherein said mobile communication device is for issuing said communication signal at a power level higher than a standard communication power level thereof.

(14) The system of claim 13, wherein:

at least one of said first stations is further for issuing a command to said mobile communication device to transmit said communication signal at said higher power level; and

said mobile communication device is for issuing said communication signal responsive to said command.

(15) The system of claim 12, wherein at least one of said first stations is for selecting correction information corresponding to a subset of said predetermined known locations and for using said information corresponding to said subset to determine said corrected position.

(16) A method of determining the position of a mobile

communication device, said method comprising:

issuing a communication signal from said mobile communication device;

issuing a calibration signal from each of a plurality of transmitters;

receiving said communication signal and said calibration signal at each of a plurality of first stations and generating reception information based on characteristics of said communication signal and said calibration signals as received thereat;

determining a corrected position of said mobile communication device using said reception information corresponding to said transmitters; and

providing said corrected position to a communication network.

(17) The method of claim 16, further comprising:

sending a wake-up command from at least one of said first stations to at least one of said transmitters; and

responsive to said wake-up command, switching an operational mode of said at least one of said transmitters from a sleep mode to an active mode to issue said calibration signal, a rate of power consumption of said sleep mode being lower than a rate of power consumption of said active mode.

(18) The method of claim 16, further comprising:

sending a wake-up command from at least one of said

first stations to at least one of said transmitters;

periodically switching said at least one of said transmitters from a sleep mode to an active mode to check for said wake-up signal, a power consumption rate of said sleep mode being lower than a power consumption rate of said active mode; and

issuing a calibration signal from said at least one of said transmitters when said wake-up signal is present.

[(19) The method of claim 16, said calibration signal issuing comprising issuing a calibration signal from at least one of said transmitters at a power level higher than a standard communication power level of said mobile communication device.

(20) The method of claim 16, said communication signal issuing comprising issuing said communication signal at a power level higher than a standard communication power level of said mobile communication device.

(21) The method of claim 16, said corrected position determining comprising:

generating positional correction information by comparing said reception information corresponding to said calibration signals to actual positions of said transmitters; and

determining said corrected position of said mobile

communication device using reception information corresponding to said mobile communication device and said positional correction information.

(22) A method of determining the position of a mobile communication device, said method comprising:

issuing a communication signal from said mobile communication device;

receiving said communication signal at each of a plurality of first stations and generating reception information based on characteristics of said communication signal as received thereat;

determining a corrected position of said mobile communication device using correction information corresponding to characteristics of signals transmitted from predetermined known locations to said first stations; and

providing said corrected position to a communication network.

(23) The method of claim 22, said communication signal issuing comprising issuing said communication signal at a power level higher than a standard communication power level thereof.

3. Detailed Explanation of the Invention

BACKGROUND OF THE INVENTION

(1) Field of the Invention

The present invention is directed to a system for locating the position of a unit in a communication network and to a method for performing such position location. More specifically, it is directed to a system and method for performing position location in a mobile communication network such as a cellular telephone or personal communication system (PCS) network.

(2) Description of Related Art

The ever-increasing popularity of mobile communication devices such as cellular telephones and the like brings with it a need for increased reliability and functionality of those devices. As users come to rely on wireless telephone networks more and more and those telephones become ubiquitous in everyday life, the networks must be capable of accommodating an ever-widening range of demands.

One such demand, promulgated in June, 1996 by the U.S. Federal Communications Commission (FCC) as FCC Docket Number 94-102, requires that future wireless services provide a site location feature for its mobile units. This feature is primarily for use in providing emergency call service capability, complementary to the emergency 911 (E-911) service

familiar to most wireline telephone users. To provide emergency services to a caller, it is advantageous for any communication system used to make an emergency call to be able to automatically identify the location of the caller. This is because in emergency situations time is of the essence and further, the caller may not know his or her location, may give an incorrect or otherwise inaccurate location, or may become incapacitated during the course of the call.

In the case of wireline networks, such position identification is a relatively simple matter of correlating the caller's telephone number with a list of numbers and corresponding addresses. In the case of wireless E-911 service, however, the very mobility which makes the portable telephones so useful precludes a simple lookup technique for position location. Thus, a method of "dynamic" position location must be used in mobile networks.

A number of position location systems are based on the Global Positioning System (GPS) implemented by the U.S. Department of Defense (DoD). GPS is a constellation of twenty-four active satellites circling the earth in precisely timed and controlled orbits so that between five and eight satellites are theoretically in line-of-sight radio contact with any point on earth at a given time. Each satellite broadcasts a uniquely-coded signal which can be picked up by an appropriately equipped GPS receiver, or "rover". The rover timing is synchronized with that of the satellites and is equipped with ephemeris data that allows it to precisely

calculate the position of each of the satellites at any given time. It receives signals from three or more of the satellites and calculates its distance from each based on the travel time of its respective signal. Each of the distances defines a sphere centered on its respective satellite, and the intersection of all spheres is the actual location of the rover.

GPS position location is not perfect, however. Various sources of errors can cause the rover's detected position to differ from its actual position significantly, and their combined effect may even be to prevent the system from meeting the minimum 125 meter accuracy requirement set by the FCC. In civilian applications, the largest error source by far is called "selective availability" and is the result of the DoD deliberately decreasing the integrity of the civilian portion of the GPS satellite signals to deny hostile parties high-accuracy positioning capability. Other errors are due to natural conditions, such as ionospheric and tropospheric conditions, and some, such as satellite clock and orbit errors, receiver noise and multipath propagation effects, stem from artificial sources.

Multipath propagation results when a radio wave travels from a source (e.g., a GPS satellite) to a destination (e.g., a rover) through a space populated with objects that reflect radio waves. As shown in FIG. 1, if a line-of-sight path exists between the satellite and rover, direct reception occurs via a true signal TS. However, the signal may be

reflected off of objects in the region to produce reflected waves which travel a longer distance and therefore are delayed relative to the original signal and appear as separate signals to the rover. Multipath reflection signals may include components from two sources: static components which result from reflections off of stationary objects such as mountains, buildings and the like, such as signal SR; and dynamic components which result from reflections off of moving objects such as vehicles, such as signal DR.

FIGS. 2A - 2C show the effects of multipath propagation on the position location process. FIG. 2A shows an idealized typical topography, e.g., a city area of several blocks. FIG. 2B shows the same area as it might appear to rovers in the area based on GPS position information distorted by multipath propagation. FIG. 2C shows how the position of a rover in the area might be mistakenly detected based on such corrupted information.

Although the deleterious effects of multipath propagation have been illustrated in the context of GPS position location, such problems will of course be encountered in many types of communication with a rover, e.g., communication from a base station or the like.

With the exception of multipath propagation, all of these errors are experienced by receivers in the same general area to an equal degree, and a technique called "differential GPS" (DGPS) makes use of this fact to increase position location accuracy. DGPS uses a reference receiver whose actual

position is precisely known in proximity to the mobile receiver. The reference receiver calculates its predicted position based on signals from the GPS satellites and compares it to its actual, precisely known position to derive a differential correction. This information is passed along to the rover via a separate information channel, e.g., radio, and is used by the rover to correct its position. Multipath propagation effects cannot be corrected in this way, since they change significantly with a small change in position and a particular set of corrections are generally valid only for a given rover at a given location at a given moment in time.

It is possible to incorporate a rover into a mobile telephone unit and to provide the GPS positional information during an E-911 session; however, this approach has some drawbacks. For example, GPS receivers are relatively expensive, and including such a unit in a cellular telephone or the like would substantially increase its cost (particularly one with DPGS capability). Further, GPS receivers are complicated electronic devices which consume significant amounts of power. Inclusion of one in a portable telephone would either shorten the telephone's battery life or require the use of larger capacity (and consequentially larger size) batteries. Thus, the telephone's size must be increased to accommodate the batteries and the additional GPS circuitry.

Moreover, GPS satellites provide a relatively weak, high frequency (carriers in the range of 1.2 - 1.6 GHz) signal which does not penetrate buildings and other dense structures

well and which requires the use of specialized directional antennas. Additionally, DPGS operation requires the use of reference receivers which are not universally available. Further, the first position determination by a GPS receiver after it is turned on (called a "cold reading", as opposed to a "hot reading" made by a unit that has been operating for a period of time) can take up to fifteen minutes -- clearly unacceptable in the E-911 environment. Finally, the need for a GPS receiver in each handset would mean that existing handsets lacking such functionality could not be used for wireless E-911 position determination.

Some of these problems are solved by a technique called "cellular geolocation", in which cellular base stations monitor transmissions from a mobile unit (typically, reverse voice channel or reverse control channel transmissions) and apply an angle of arrival (AOA) or time difference of arrival (TDOA) technique to the transmissions to determine the position of the unit. As described in Rappaport et al., "Position Location Using Wireless Communications on Highways of the Future", IEEE Communications Magazine pp. 33 - 41 (Oct. 1996), the AOA technique uses highly directional antennas to determine the precise angle at which each base station receives the mobile unit transmission, and the mobile unit's position is resolved by triangulation with the known positions of the base stations. Much like GPS, the complementary TDOA technique measures the relative delay in reception of the mobile transmissions at each base station, determines the distance

traveled by the transmissions to each base station based on its respective delay, and resolves the mobile unit's position by resection.

These approaches, however, are still susceptible to position determination errors resulting from multipath propagation and other effects. The need to take such error sources into account cannot be overlooked in E-911 applications, and is particularly critical in congested urban areas where users are in close quarters and concentrated multipath environments exist.

SUMMARY OF THE INVENTION

In view of the above problems of the prior art, it is an object of the present invention to provide a position location system for mobile communication networks which is capable of making highly accurate position determinations.

It is another object of the present invention to provide a position location system for mobile communication networks that is largely unaffected by multipath propagation effects.

It is still another object of the present invention to provide a position location system for mobile communication networks that provides accurate position determinations independently of satellite and atmospheric-related errors and the like.

It is yet another object of the present invention to provide a position location system for mobile communication

networks that provides accurate position determinations and does not require the use of handsets having special functionality.

The above objects are achieved by providing multiple small, dedicated multipath calibration transponders in the coverage area of the base stations at known positions. When a rover initiates an E-911 session, the base stations direct the transponders to generate response signals. These response signals are received by the base stations, and the characteristics of the signals from the rover and the transponders are provided to a base station controller linked to the base stations. The base station controller derives a coarse position using the raw rover position information and uses the raw transponder position information and their known positions to derive a correction vector representative of multipath distortion of transponder signals in the area of the rover. Since the rover will generally experience the same distortion as the transponders in its area, the correction vector can be applied to the coarse rover position to obtain its true position.

Alternatively, rather than deploying an array of transponders, multipath distortion effects at multiple sites may be logged in advance using a single transmitter and stored by the base station controller. Then, in place of the base stations directing the transponders to issue response signals, the base station controller can derive a correction vector for the rover's position based on the logged site data and use that

vector to correct the coarse rover position.

Other objects and features of the present invention will appear in the course of the description thereof, which follows.

DETAILED DESCRIPTION OF THE
PRESENTLY PREFERRED EXEMPLARY EMBODIMENTS

A coverage area 10 of a mobile communication system has a constellation of multipath calibration transponders 12 disposed at predetermined, precisely known locations therein as shown in FIG. 3. In addition to the transponders 12, the system also includes several base stations 14 which are within the communication range of the transponders 12, located at precisely known positions and separated from one another by relatively large distances, and a base station controller 18 (shown in FIG. 6) which controls transactions between base stations 14.

When, for example, a rover 16 places an E-911 call and it is necessary to determine its position, the base stations 14 each receive a signal from the rover 16 as shown by the solid arrows in FIG. 4. Normally, position determination using an AOA, TOA or TDOA technique based on the signals from the rover 16 received by the base stations 14 might be corrupted by multipath effects as described above; however, the base stations 14 also receive signals from the transponders 12, and those signals are used for position correction to counter such multipath effects, as will be described in greater detail

below.

As is known in the art, the rover 16 is associated with a given base station 14 with which it places outgoing calls and from which it receives incoming calls, and as the rover 16 moves, the base station 14 with which it is associated is changed through a process called "handing off". When a user of the rover 16 places an E-911 call, the rover 16 sends an E-911 request to the base station 14 with which it is currently associated as shown in Step 100 of FIG. 5. That base station 14 receives the request and initiates the process to locate the position of the rover 16. Specifically, it selects transponders 12 to be used to determine the position of the rover 16 in Step 102 and sends a "wake up" call to those transponders 12 in Step 104.

Preferably, the transponders selected are those in the general vicinity of the rover 16. Determination of the general vicinity requires a preliminary position determination which may be done by, e.g., performing a coarse position determination using one or more of the aforementioned AOA, TOA or TDOA techniques without the benefit of the signals from the transponders 12, using a different relatively low-resolution location technique, or simply defining the general vicinity as a predetermined area around the base station 14. Alternatively, the base station 14 may send the wake-up call to all transponders within its communication area. Further, the base station 14 need not send the wake-up call to all targeted transponders 12 itself, and it may instead send requests to

other base stations 14 close to it to issue some of the wake-up calls.

Each transponder 12 includes an antenna connection network 20 connected to a receiver 22 which receives the wake-up signal from the base station 14, a transmitter 24 which transmits a response signal to the base station 14 as described below, and a controller 26 which controls the operation of the receiver 22 and transmitter 24 and which controls the application of power thereto from a power supply 28 as shown in FIG. 7. Preferably, the power supply is driven by rechargeable batteries, e.g., Ni-MeH or Li-ion units) which may be trickle charged by AC utility mains, or by solar cells, wind power or the like for self-sufficient operation.

Normally, the transponders 12 are in an energy-saving sleep mode in which only those circuits necessary to recognize a wake-up call and activate the remainder of the transponder 12 are active. The sleep mode may be one in which only the receiver 22 and controller 26 are active (the antenna connection network 20 is generally a passive network) so that the receiver 22 can receive the wake-up signal and the controller 26 can direct the power supply 28 to power up the transmitter 24 responsive to receipt of the wake-up signal and drive the transmitter 24 to transmit the response signal, or it may be a slotted sleep mode, whereby the receiver 22 is normally off and only the controller 26 (or, alternatively, only a power-up timer 30) is active. In this case, the controller 26 directs the power supply 28 to power up the

receiver 22 and transmitter 24 periodically to check for a wake-up signal, or the power-up timer 30 similarly controls the other transponder components.

In any case, when a transponder 12 receives a wake-up call, it comes up to full power in Step 106 of FIG. 5, transmits the response signal to all base stations 14 within range in Step 108, and returns to its sleep mode in Step 110. To distinguish the transponder response signals from one another and correlate them with their respective units, each transponder 12 should incorporate a unique identification code in its response signal.

The response signal may be at a predetermined frequency and power level, or it may be at a frequency and power level coded in the wake-up signal. The power level may be a power level used by mobile units such as the rover 16 in normal communications. Alternatively, to ensure that the transponder signal is received by several base stations 14 so that a reliable position determination can be made, the power may be at a level higher than the generally allowed range, i.e., one that is used only for such emergency communications.

Along these lines, the base station 14 associated with the rover 16 may also send a command to the rover 16 instructing it to transmit at a higher than normal power level, as shown at Step 116 in FIG. 8. The ensuing high power transmission from the rover 16 in Step 118 ensures that its signal, too, will be received by several base stations 14. This is a special concern in low-power CDMA cellular and PCS

communication systems which are designed to provide a single base station communication path to a particular rover and which therefore cannot guarantee connectivity to multiple base stations.

The high power transmission command from the base station 14 to the rover 16 in Step 116 and reception of the rover's response in Step 118 may be performed at any point between reception of the rover's E-911 request in Step 100 and calculation of the rover's raw position in Step 112 (described in greater detail below).

Further, to minimize disruption of other communications sessions, the base station 14 might request a high-power response from the rover 16 only when it is advised by the base station controller 18 that the number of other base stations 14 receiving the rover's E-911 request was too small to make an accurate position determination. This function may be implemented if each base station 14 sends an E-911 call report to the base station controller 18 as shown in Step 120 of FIG. 9 responsive to an E-911 call request directed to it or any other base station 14. Then, if the base station controller 18 determines that the number of base stations 14 within range of the rover's normal power level transmissions is too small, it can notify the base station 14 associated with the rover 16 in Step 122 so that the base station 14 can direct the rover 16 to make a high power response in Step 124.

As an alternative to the above techniques, the rover 16 may be designed to always transmit E-911 requests at a high

power level. This will simplify system operation; however, it does so at the cost of disrupting communications of other rovers 16 in the area. In any case, high power transmission on the rover end of course requires the use of a modified rover.

Similarly, the base station 14 can initially request a normal power level response from the transponders 12 in Step 104 of FIG. 5 and issue a second, high power response request only to transponders 12 whose responses were not received the first time in Step 126 of FIG. 10 so that those transponders 12 provide a response which can be received in Step 128. If the base station 14 still does not receive a response from a particular transponder 12, it may send a message to the base station controller 18 indicating that the transponder 12 may be malfunctioning (the operation of the transponders 12 can also be checked by periodic status polling by the base stations 14). Alternatively, high power transmissions may be authorized by the emergency operator or other authorities. In any case, the transponders 12 may stay awake for a predetermined time period, or until they receive a sleep command from a base station 14, so that they will be able to receive the high power transmission command in Step 126 and make the appropriate response in Step 128.

Each base station 14 receives the response signals from transponders 12 within its communication range in Step 108 of FIG. 5 or Step 128 of FIG. 10 as well as the original E-911 request from the rover 16 in Step 100 of FIG. 5 or its subsequent high-power response in Step 118 of FIG. 9, and the

reception conditions of these signals are used to derive coarse position information for each of the transponders 12 and the rover 16 in Step 112 of FIG. 5. For example, each of the base stations 14 may determine the angle of reception of each response signal (for AOA systems), the absolute time of reception of each response signal (for TOA systems) or the relative time of reception of each response signal (for TDOA systems) using a technique known in the art, and in Step 114 provide that information to the base station controller 18.

Since each of the base stations 14 can obtain precisely synchronized timing information via the GPS system, a TDOA technique is used in the preferred embodiment and is supplemented with AOA for added accuracy; however, another technique or combination of techniques may be used instead. Additionally, cellular system information such as which sector the rover 16 is currently located in, handoff information and the like can be used in the position determination process. Further, in areas in which users' traffic patterns are constrained, a geographic database can be used to provide inferred AOA information for use in the process.

Finally, whatever geolocation technique or techniques are used can be augmented with a GPS receiver in the rover 16. The receiver can derive positional GPS information in the normal manner and relay it to its base station 14; however, to minimize the size of the rover and lower its power consumption and cost, the receiver may simply take a "snapshot" of the GPS data it receives and relay it to the base station 14 or another

centralized facility for processing. Of course, this approach has the drawback of requiring the use of a modified rover 16.

The base station controller 18 uses the signal information corresponding to the rover 16 to calculate a coarse position for the rover 16, and it uses the signal information corresponding to each of the responding transponders 12 to calculate a coarse position for that transponder. These coarse positions are compared to the known actual positions of the transponders 12 to obtain a multipath distortion vector. The coarse position calculated for the rover 16 is then corrected according to the multipath distortion vector to determine the actual location of the rover 16 free of multipath effects, and this actual location is passed on to the wireline network for transmission to the appropriate authorities during the E-911 session.

In other words, assume the base station controller 18 has received raw position data from several base stations 14 as shown in Step 130 of FIG. 11. Then, it then calculates a coarse rover position $P_{rc}=(x_{rc}, y_{rc})$ in Step 132 and in Step 134 calculates n coarse transponder positions $P_{r1c}=(x_{r1c}, y_{r1c}), P_{r2c}=(x_{r2c}, y_{r2c}), \dots, P_{rna}=(x_{rna}, y_{rna})$ based on the data from the base stations 14. Then, the actual, known positions of the transponders being denoted by $P_{r1a}=(x_{r1a}, y_{r1a}), P_{r2a}=(x_{r2a}, y_{r2a}), \dots, P_{rna}=(x_{rna}, y_{rna})$ the vector $\bar{\delta}_i$ representing the displacement of each transponder i due to multipath distortion is determined according to the equation

$$\vec{\delta}_n = (x_{na} - x_{nc})\vec{i} + (y_{na} - y_{nc})\vec{j} \quad . . . (1)$$

in Step 136. Should more base stations 14 than are necessary to make coarse position determinations for the rover 16 and the transponders 12 respond, an appropriate averaging, weighting or other correction technique may be used to obtain the coarse positions, or the additional base station data may be used to correct for geometric dilution of precision, thereby increasing the accuracy of the process.

The magnitude $|\delta_n|$ of each distortion vector $\vec{\delta}_n$ representing the distance the coarse transponder position P_{n1c} of transponder 1 is displaced from the actual transponder position P_{n1a} is calculated using the equation

$$|\delta_n| = \sqrt{(x_{na} - x_{nc})^2 + (y_{na} - y_{nc})^2} \quad . . . (2)$$

in Step 138. Since the transponders 12 whose predicted positions are closest to the coarse position of the rover 16 are most likely to be representative of the distortion experienced by the rover 16, relative weights w_{n1} according to proximity of the corresponding transponder 12 to the rover 16 are obtained from the equation

$$w_{n1} = \frac{|\delta_n|}{\sum_{k=0}^n |\delta_{nk}|} \quad . . . (3)$$

in Step 140 and the multipath distortion vector $\vec{\delta}_n$ for the rover is calculated in Step 142 as the sum of the weighted transponder distortion vectors:

$$\vec{\delta}_R = x_{Rn} \vec{i} + y_{Rn} \vec{j} = \sum_{n=0}^N w_n \cdot \vec{\delta}_n \quad . . . (4)$$

Then, the actual position P_{Ra} is calculated from the equation

$$P_{Ra} = (x_{Ra}, y_{Ra}) = (x_{Rc} + x_{Rn}, y_{Rc} + y_{Rn}) \quad . . . (5)$$

in Step 144, where $\vec{\delta}_R = x_{Rn} \vec{i} + y_{Rn} \vec{j}$. The actual position P_{Ra} may then be passed on to emergency authorities at the beginning of the E-911 call session; alternatively, processing may be done while the E-911 call is being initiated and the location sent later.

The above process was discussed in the context of a regularly-spaced array of transponders 12; however, it should be apparent that the relative positions of the transponders 12 are not critical as long as their actual positions are precisely known and they can communicate with the base stations 14. Thus, the invention is equally applicable to irregular distributions of transponders, a fact which is particularly useful in congested urban areas where regular positioning of the devices may not be possible.

Further, it is not even necessary to use multiple transponders, and a transponder need not be available at the

time an E-911 call is made. This capability will be explained in connection with a second preferred embodiment of the present invention shown in FIG. 12.

This embodiment dispenses with the multiple transponders used in the first embodiment and instead relies on a previously compiled database of positional correction information. Prior to use of the system to perform any position determinations, a transmitter similar to the transmitter 24 of the transponders 12 used in the previous embodiment is disposed at multiple locations by, for example, physically transporting it in a vehicle. At each location, the location of the transmitter is accurately determined. To obviate the effects of multipath distortion, this may be done in a number of ways. For example, a position determination may be taken over a longer period of time for increased accuracy, or the transmitter's position may be extrapolated from a known position, e.g., one of the base stations, using dead reckoning or surveying techniques.

Once the transmitter's position is known, a signal is sent from the transmitter to the base stations 14, and the raw position data corresponding to the received signal is sent from each base station 14 to the base station controller 18. This process is repeated at a number of different locations n . Then, a coarse position P_{T1i} can be derived from the collected data for a given location i and compared to the corresponding known actual position P_{T1i} to derive a transmitter distortion vector $\tilde{\delta}_R$ for a given position i as described above. The

transmitter distortion vectors $\bar{\delta}_n - \bar{\delta}_m$ are then stored in a memory of the base station controller 18.

When the system is called on to provide a position fix for an E-911 call, the base station 14 receives the E-911 request from the rover 16 in Step 100 of FIG. 11 as in the first embodiment. Then, instead of selecting transponders to wake up, it generates the raw position data in Step 146 of FIG. 12, advises the base station controller 18 of the E-911 request, and provides raw position information for the rover 16 to the base station controller 18 in Step 148. The base station controller 18 receives raw position information from the initiating base station 14 as well as other base stations 14 in Step 150 of FIG. 13, recalls the transmitter distortion vectors $\bar{\delta}_n$ for previously logged positions in the general vicinity of the rover 16 (as indicated by its coarse position P_{rc}) in Step 152, calculates relative magnitudes w_{ri} of the transponder distortion vectors $\bar{\delta}_n$ in Step 138 and obtains the multipath distortion vector $\bar{\delta}_R$ as described above in Step 140. Then, the rover's coarse position P_{rc} is corrected in Step 142 to obtain the actual rover position P_{ra} which is then passed to the wireline network.

This embodiment has the advantage of avoiding deployment of a potentially expensive array of multipath calibration transponders; however, it can only counteract the effects of static multipath distortion, and cannot deal with dynamic distortion components.

Although the present invention has been fully described in connection with the preferred embodiments thereof with reference to the accompanying drawings, it is to be noted that various changes and modifications will become apparent to those skilled in the art. Such changes and modifications are to be understood as being included within the scope of the present invention as defined by the appended claims.

4. Brief Explanation of the Drawings

Additional objects and advantages of the present invention will be more readily apparent from the following detailed description of preferred embodiments thereof when taken together with the accompanying drawings in which:

FIG. 1 shows typical avenues of multipath propagation between a GPS satellite and a rover;

FIGS. 2A - 2C show the distortion of a rover's position due to multipath effects in an urban topography;

FIG. 3 shows a first preferred embodiment of the present invention in such a topography;

FIG. 4 shows transponders according to the first embodiment providing response signals to base stations for differential correction of a rover position;

FIG. 5 shows transactions between the rover, base stations and transponders in the first embodiment when determining position of the rover during the course of an E-911 call;

FIG. 6 shows the operation of base stations, transponders and a base station controller to determine the position of a rover under multipath distortion conditions in the first embodiment;

FIG. 7 is a block diagram of a multipath calibration transponder according to the first embodiment;

FIG. 8 shows a variation on the first embodiment in which the rover selectively provides a high power transmission;

FIG. 9 shows a variation on the first embodiment where the rover's initial X-911 request is not received by enough base stations and it retransmits at a high power level;

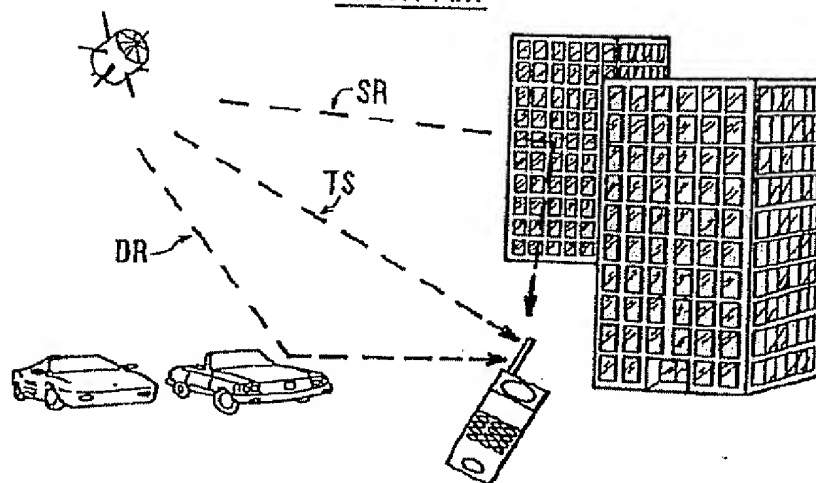
FIG. 10 shows a variation on the first embodiment when a transponder's response is not received by the base station and the transponder retransmits at a high power level;

FIG. 11 shows the processing of the base station controller in the first embodiment when correcting the rover's position for multipath distortion;

FIG. 12 shows transactions when determining the rover's position according to a second preferred embodiment of the present invention; and

FIG. 13 shows base station controller correction processing in the second embodiment.

{ FIG. 1 }
PRIOR ART



{ FIG. 2A }
PRIOR ART

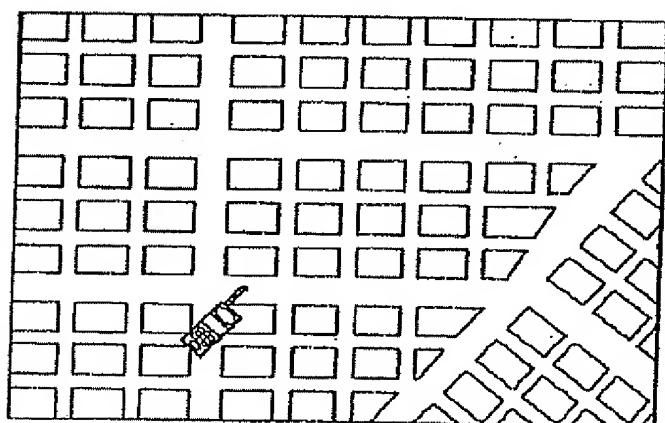


FIG. 2B
PRIOR ART

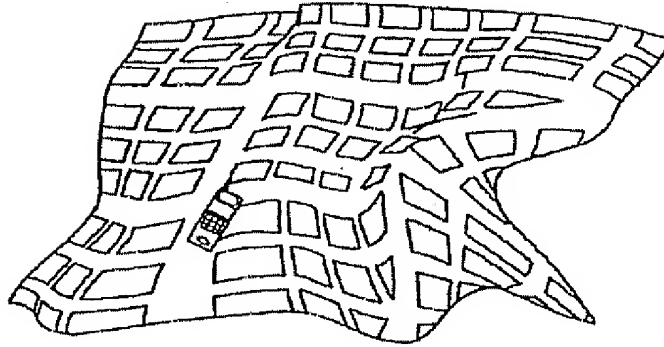
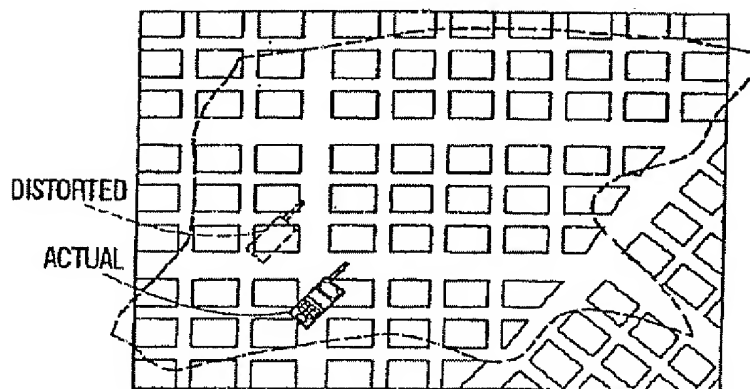
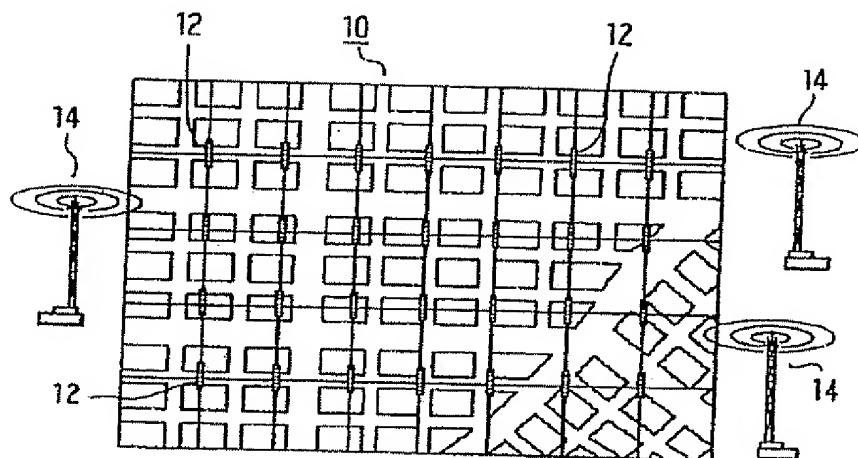


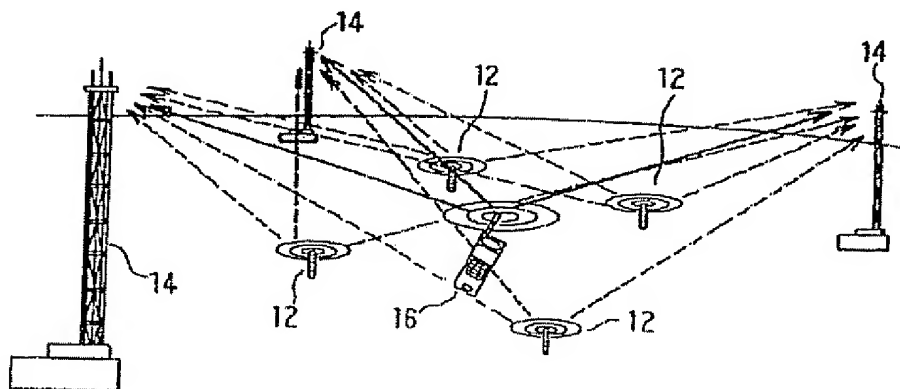
FIG. 2C
PRIOR ART



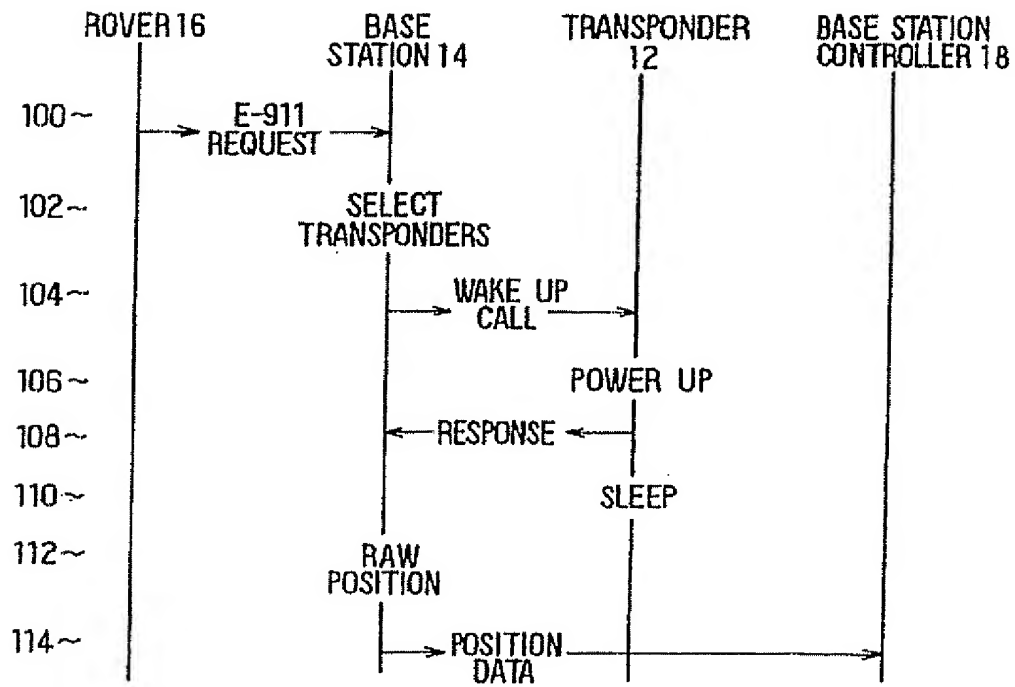
〔FIG. 3〕



〔FIG. 4〕

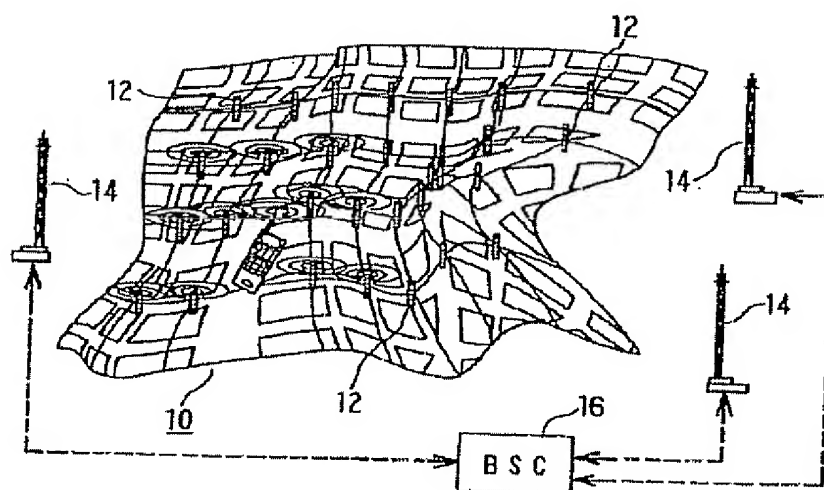


[FIG. 5]

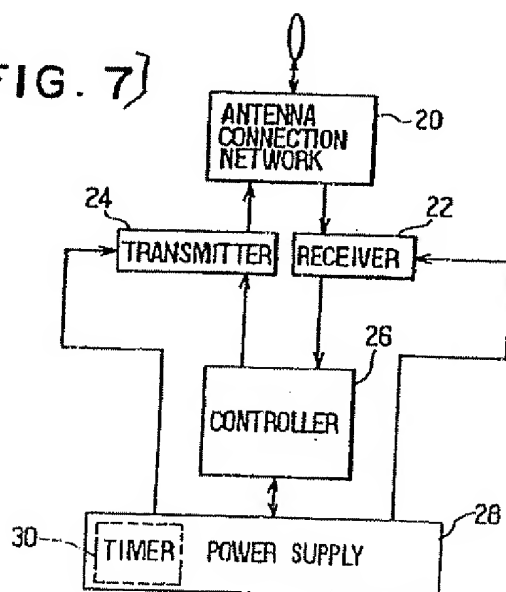


f

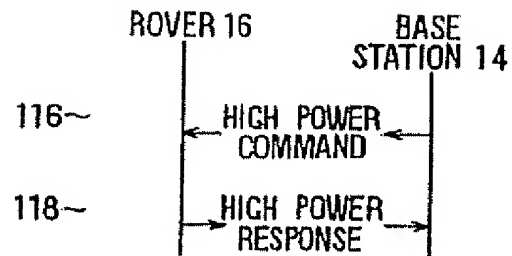
[FIG. 6]



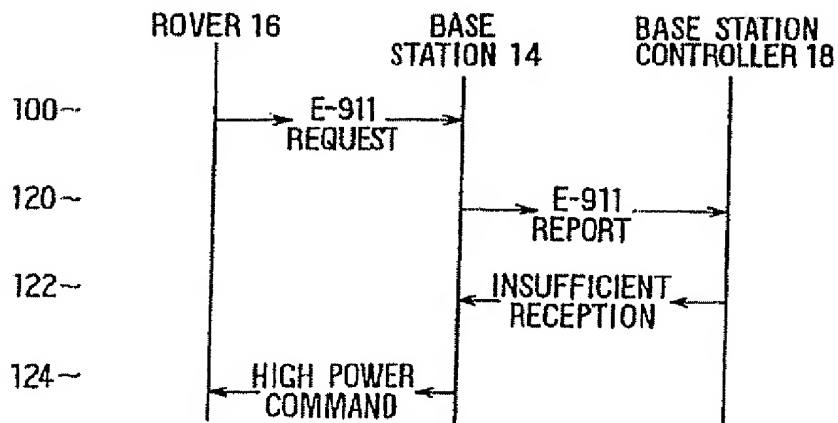
[FIG. 7]



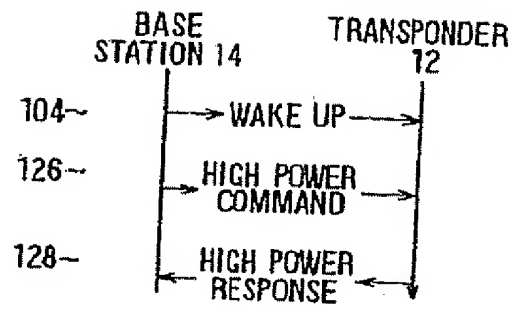
〔FIG. 8〕



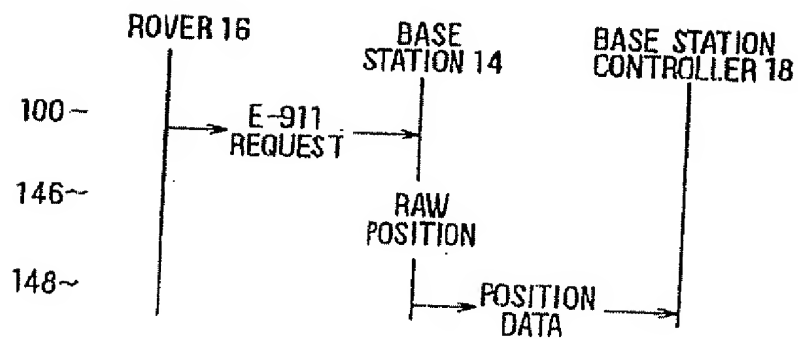
〔FIG. 9〕



[FIG. 10]

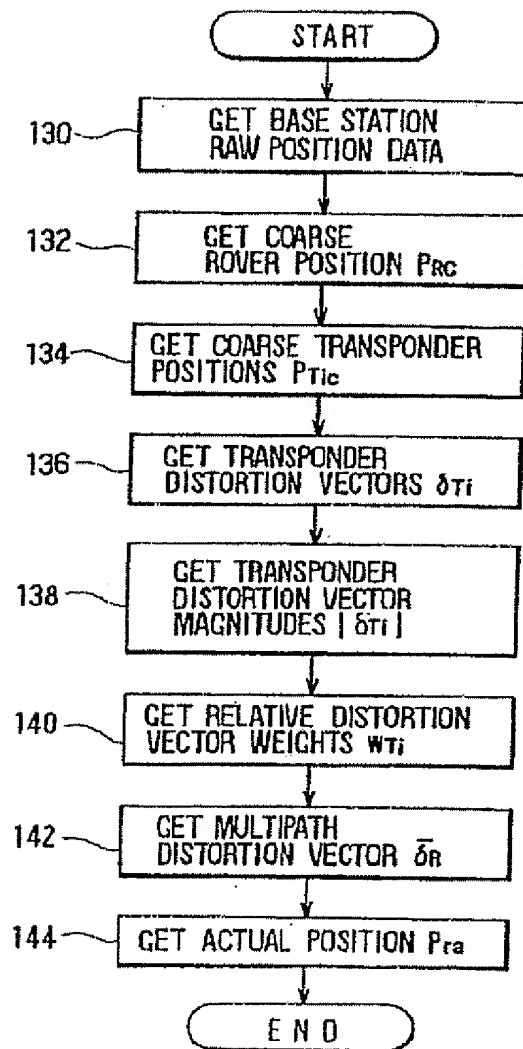


[FIG. 12]



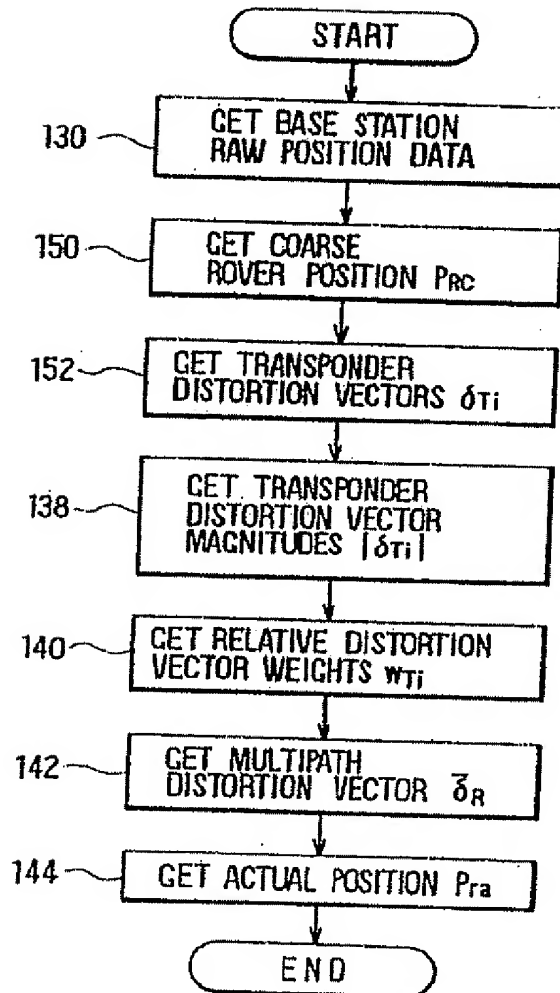
8

{FIG. 11}



9

[FIG. 13]



1. Abstract

A system for determining the location of portable communication devices such as cellular telephones and the like has multiple small, dedicated multipath calibration transponders at known positions. When a portable communication device initiates a call, base stations in the coverage area direct the transponders to generate response signals which are received by the base stations. The characteristics of the signals from the portable device and the transponders are provided to a base station controller linked to the base stations. The base station controller derives a coarse position using the raw device position information and uses the raw transponder position information and the transponder's known positions to derive a correction vector representative of multipath distortion of transponder signals in the area of the portable device. Since the portable device will generally experience the same distortion as the transponders in its area, the correction vector can be applied to the coarse device position to obtain its true position.

2. Representative Drawing

FIG3